

複合基質を用いた嫌気性水素発酵に関する pH の影響

日本大学工学部 学生員 ○円谷 輝美
 日本大学工学部 学生員 吉田 光範
 日本大学工学部 正員 中村 玄正

1.はじめに

現在、化石燃料に取って代わるクリーンエネルギー供給構造の構築が叫ばれている。クリーンエネルギーとしては、燃焼による発熱量が高く、燃焼の際に CO_2 を排出しない水素ガスがその代表として挙げられる。有機性廃棄物の有効な処理方法の一つである嫌気性消化法の酸生成相では、水素ガスが生成されることが知られている。

有機性廃棄物を処理する過程で発生する水素ガスを回収、利用することはクリーンエネルギー供給構造を構築する上で有効であると考えられる。酸生成相から水素ガスを回収するには様々な環境因子の把握が不可欠である。このことより環境因子に対する基礎的な知見がより重要となると考えられる。

本研究では環境因子の一つである pH についての基礎的実験を行った。複合基質を用いた嫌気性水素発酵に適した pH を、ガス組成、ガス生成速度、基質分解率、比基質分解速度、比水素生成速度、水素収率から検討した。

2.実験方法

2.1 実験装置

実験装置の概略図を図.1 に示す。本実験では、総容量 2.1L、液相部 1.5L、気相部 0.65L のアクリル製連続培養装置を用い、その反応槽内の攪拌には発生したバイオガスをエアープンプを用いて循環させた。恒温槽にはヒーターを設置して温度調節器によって $35 \pm 1^\circ\text{C}$ に設定した。複合基質はマイクロチューブポンプを用いて連続的に投入させ、発酵を防ぐために複合基質貯留槽を 3.5°C に保った。発生したバイオガスは酸性飽和食塩水によって水上置換法でプラスチックシリンダーに収集した。

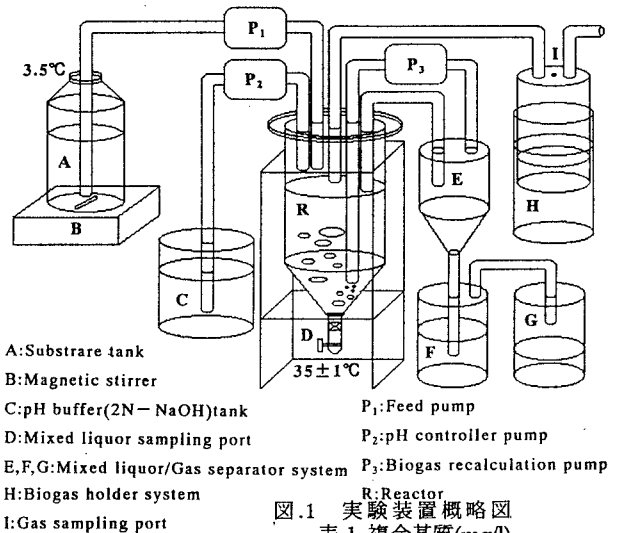


図.1 実験装置概略図

表.1 複合基質(mg/l)

2.2 実験条件

表.1 に本研究で用いる複合基質を示す。本実験では炭水化物 (Sucrose)、タンパク質 (Gelatin) を用いて、この 2 成分を混合して複合基質とした。その混合割合は COD_0 比率で $\text{Sucrose:Gelatin} = 8:2$ とした。その他無機栄養塩類を添加した。種汚泥は食品工場より採取したものを反応槽に接種し、複合基質で約 4 ヶ月間馴養したものを使用した。反応槽内の pH は 4.5, 5.0, 5.5, 6.0, 6.5 となるように 2N-NaOH 溶液をマイクロチューブポンプを用いて流入させて調整した。水理学的滞留時間 (HRT) は 10hour に設定した。pH 値とガス量が安定したのを確認した上で実験を開始した。

3.実験結果及び考察

図.2 にガス生成速度を示す。全ガス生成速度は pH5.0 で最大となり、 $8960 \text{ ml/day} \cdot \text{l}$ であった。次いで pH5.5、pH6.0 に順に遅くなり、pH4.5 と pH6.5 のガス生成速度は同じく、 $6720 \text{ ml/day} \cdot \text{l}$ であった。水素ガス生成速度は、全ガス生成速度と同様の傾向を示しており pH5.0 で最も高く $3665 \text{ ml-H}_2/\text{day} \cdot \text{l}$ であった。pH5.0 の水素ガス生成速

Sucrose	10380
Protein	2514
NH_4HCO_3	2350
Nutrient Compositions	
Na_2HPO_4	48
KH_2PO_4	182
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	112
$\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	18.2
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	5.6
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	1.05
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	28
$\text{COCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.18
H_3BO_3	0.24
Yeast extract	50

度を 100%とした場合、pH4.5, 5.5, 6.0, 6.5 ではそれぞれ 69, 93, 92, 88%であった。pH4.5 と pH5.0 での水素ガス生成速度は 1.5 倍の差があった。これらのことから、水素発酵に適した pH は 5.0 付近 (5.0 以上) であることが考えられる。

図.3 に各 pH でのガス組成を示す。水素ガス割合は、pH4.5 で 37.5%、pH5.0~6.0 で 40.9~39.9%、pH6.5 で 48.1%と pH が高くなるにつれて増加傾向にあった。窒素ガス割合は 0.7~2.1%、二酸化炭素割合は 60.4~50.9%を占め、メタンガスは各条件において検出されなかった。このことから、メタン生成細菌はウオッシュアウトし、完全な酸生成が形成されていると考えられる。

図.4 及び図.5 に基質分解率、比基質分解速度を示す。シヨ糖の分解率は pH4.5 で 72.6%と最も低く、pH5.0~pH6.0 では 99%以上と完全に分解されている。比シヨ糖分解速度は、pH4.5 で最も速く 24.6 l/day、pH5.5~pH6.5 では 17.4~15.6 l/day と減少している。タンパク質の分解率は pH5.5 で 52.4%と最も高く、pH5.5 以上以下においても分解率が低下している。比タンパク質分解速度は、分解率と同様の傾向を示しており、pH5.5 で最も速く 1.27 l/day であった。pH5.5 において比タンパク質分解速度は比シヨ糖分解速度の約 10 分の 1 程度であり、酸生成相でのタンパク質の分解が律速段階になり得ることが考えられる。

図.6 に比水素生成速度と水素収率を示す。比水素生成速度は MLVSS の最も低い pH4.5 で 3.24 ml-H₂/mgMLVSS·day と最も高く pH5.0 以上において比水素生成速度は低下している。水素収率は pH5.0 で最も高く、0.125 ml-H₂/mgCODcr であった。比水素生成速度においては pH4.5 が適しているが、水素生成において定量的な水素発酵を検討すると pH5.0 が有効である。

4.まとめ

複合基質を用いた嫌気性水素発酵に関する pH の影響を検討した結果、次のような結果が得られた。

- (1)水素ガス割合は pH6.5 で最も大きく、48.1%であった。水素ガス生成速度は pH5.0 で最も速く、3665 ml-H₂/day・l であった。
- (2)シヨ糖分解率は pH4.5 で 72.6%と最も低く、pH5.0~pH6.5 では完全に分解された。比シヨ糖分解速度は pH4.5 で最も速く、24.6 l/day であった。タンパク質分解率、比タンパク質分解速度は共に pH5.5 で最も高く、それぞれ 52.4%、1.27 l/day であった。
- (3)比水素生成速度は pH4.5 で最も速く、3.24 ml-H₂/mgMLVSS·day であった。水素収率は pH5.0 で最も高く、0.125ml-H₂/mgCODcr であった。水素生成における定量的な水素発酵には pH5.0 が有効であった。

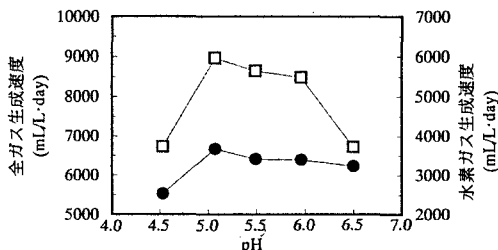


図.2 ガス生成速度

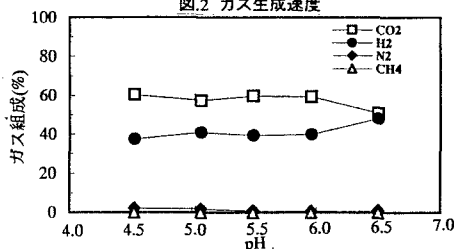


図.3 各pHでのガス組成

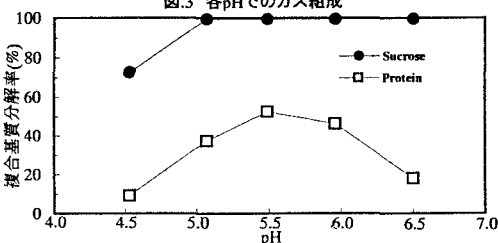


図.4 基質分解率

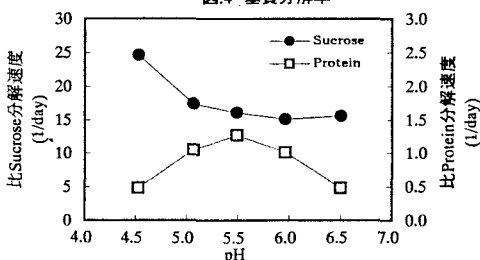


図.5 比基質分解速度

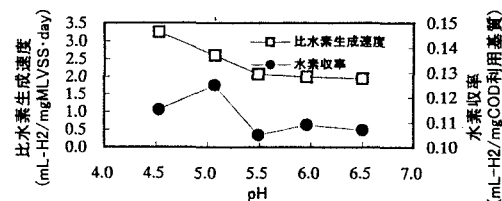


図.6 比水素生成と水素収率